

# EVALUASI DAN PERENCANAAN KEMBALI BENDUNG SAPON

Dyah Wahyu Apriani, Fajar Nugroho Utomo  
Sri Eko Wahyuni, Siti Hardiyati<sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239,  
Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

## ABSTRAK

Bendung Sapon yang terletak di kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta merupakan bangunan air yang mengambil persediaan air dari sungai Progo. Bendung sapon berfungsi untuk mengaliri lahan irigasi seluas  $\pm 1850$  ha dari luas lahan sebelumnya sebesar  $\pm 2250$  ha sebesar  $2,3 \text{ m}^3/\text{det}$  dan untuk mencukupi kebutuhan air baku empat kecamatan (Galur, Temon, Panjatan, Lendah) sebesar  $0,2 \text{ m}^3/\text{det}$ . Peningkatan fungsi Bendung sapon dari hanya pemenuhan air irigasi yang kemudian ditambah kebutuhan air baku merupakan implementasi dari UU no 8 tahun 2005 tentang Sumber Daya Air. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan Metode *Haspers*, FSR Jawa dan Sumatera, HSS *Nakayasu*, HSS Gama 1 dengan debit banjir rencana pembandingan Metode *Passing capacity* yang diperoleh  $Q_{100}$  sebesar  $1123,96 \text{ m}^3/\text{det}$ . Perencanaan meliputi pembuatan tubuh bendung, bangunan pelengkap, dan kebutuhan pompa air baku untuk debit banjir periode seratus tahun sebesar  $1383,97 \text{ m}^3/\text{det}$ . Perbedaan perencanaan bendung menghasilkan dimensi-dimensi bendung maupun bangunan pelengkap yang berbeda.

Kata kunci : Bendung Sapon, Evaluasi dan Perencanaan Kembali Bendung Sapon, Sapon.

## ABSTRACT

*Sapon weir, which located at Kulon Progo, Yogyakarta, is a hydraulic structure that its water supply is from Progo river. Sapon weir are used to flow through  $\pm 1850$  ha rice field area, from  $\pm 2250$  ha before at  $2,3 \text{ m}^3/\text{sec}$ , and to fulfill the water needs in 4 sub districts at  $0,2 \text{ m}^3/\text{sec}$ . The increasing function of Sapon weir from only covering the irrigation needs, to fulfilling the water needs it is the implementation of the regulation no 8 year 2005 about water resources. The analysis of flood design using *Haspers Metod*, *FSR Jawa-Sumatera*, *HSS Nakayasu*, *HSS Gama 1* with flood design comparation from *Pasing Capacity Metod* that has  $1123,96 \text{ m}^3/\text{sec}$  of flood discharge in hundred year periode ( $Q_{100}$ ). The design of Sapon weir consists of main dam, complement buildings and requirement water supply pump for  $1383,97 \text{ m}^3/\text{sec}$  of flood discharge hundred years period. The differences of weir design change the weir dimensions and the complement buildings.*

*Keywords : Sapon Weir, Evaluation and redesign of Sapon Weir, Sapon.*

## PENDAHULUAN

Bendung Sapon melayani Daerah Irigasi Sapon seluas  $\pm 2.250$  Ha yang berada ditiga kecamatan yaitu Kecamatan Panjatan, Kecamatan Galur dan Kecamatan Temon. Pembangunan Bendung Sapon diharapkan dapat membantu memenuhi ketersediaan debit air khususnya untuk irigasi persawahan dan memperluas area tanam. Sumber air irigasi diambil dari sungai Progo melalui pengambilan bebas/*free intake* Sapon sebesar  $4,80 \text{ m}^3/\text{dt}$ . *Intake* Sapon dibangun tahun 1979 oleh proyek irigasi Kali Progo, tingginya angkutan sedimen menyebabkan terjadinya degradasi di Kali Progo yang berakibat pintu

*intake* dan saluran tertutup pasir sehingga tidak dapat dioperasikan, untuk itulah pada periode 1979-1984 diadakan perbaikan jaringan irigasi serta pintu *intake*/pengambilan dipindah ke arah hilir sejauh 100 m dari lokasi lama dan selesai dibangun 1984, namun setelah dioperasikan selama kurang lebih 10 tahun, pada tahun 1995 terjadi degradasi akibat adanya kegiatan penambangan bahan galian golongan C (pasir) yang berlebihan, sehingga air yang masuk ke pintu pengambilan berkurang bahkan tidak dapat menjangkau saluran, untuk mengatasi masalah tersebut pada tahun 2004 mulai dibangun bendung tetap dalam rangka mengembalikan kondisi daerah irigasi dan memperluas area tanam.

Pertumbuhan penduduk yang pesat, menyebabkan terjadinya perubahan fungsi tata guna lahan yang semula sebagai lahan pertanian berubah menjadi pemukiman, hal tersebut juga berdampak pada layanan irigasi dari Bendung Sapon karena pada perencanaan awal, proyeksi daerah layanan irigasi bendung adalah  $\pm 2250$  Ha namun dalam perkembangannya Bendung Sapon hanya melayani daerah irigasi efektif seluas  $\pm 1850$  Ha. Perkembangan penduduk di sekitar Bendung Sapon juga berdampak pada peningkatan kebutuhan masyarakat akan air baku. Penduduk di sekitar bendung seperti di Kecamatan Temon, Kecamatan Panjatan, Kecamatan Galur serta Kecamatan Lendah mengalami kekurangan air baku utamanya pada musim kemarau, pemenuhan air baku hanya melalui pengambilan air tanah serta subsidi dari tangki-tangki PDAM yang tersedia di setiap kecamatan, untuk menanggulangi hal tersebut PDAM membangun sarana air bersih dengan memanfaatkan air dari Bendung Sapon, pengoperasiannya dimulai tahun 2012 dan diharapkan dapat mencukupi kebutuhan air baku diempat kecamatan tersebut. Hal ini sesuai dengan Undang-undang nomor 5 Tahun 2005 tentang Sumber Daya Air Pasal 5 yang menyatakan bahwa “Negara menjamin hak setiap orang untuk mendapatkan air bagi kebutuhan pokok minimal sehari-hari guna memenuhi kehidupannya yang sehat, bersih dan produktif”.

Daerah-daerah yang dapat terlayani oleh ketersediaan air dari Bendung Sapon meliputi kecamatan-kecamatan berikut :

**Tabel 1 Jumlah Penduduk di Daerah Irigasi Sapon.**

No	Kecamatan	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk					
			2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	Galur	36,29	33037	33233	34507	35099	35818	36551
2	Panjatan	44,59	40656	40787	42411	44162	45403	46680
3	Temon	32,91	31170	32594	33208	33387	34165	34961
4	Lendah	35,59	38458	40091	40718	41140	42079	43039

(Sumber : Pemkab Kulon Progo)

## TINJAUAN PUSTAKA

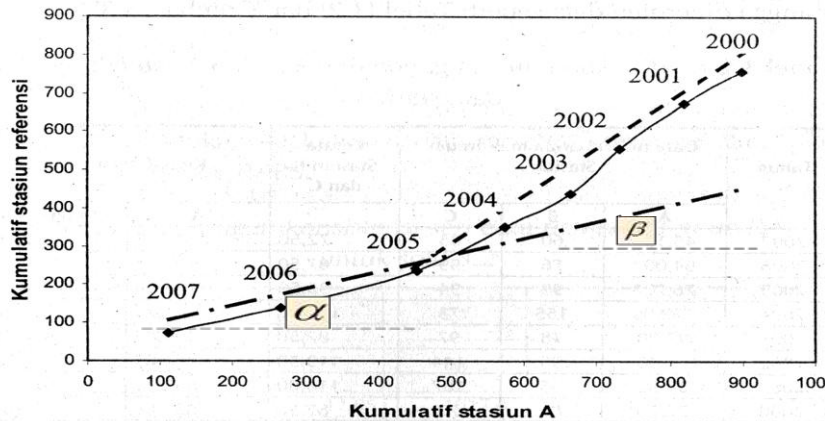
### Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik hidrologi serta meteorologi daerah aliran sungai, tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit air yang wajar maupun ekstrim yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya dalam pelaksanaan detail desain konstruksi bangunan air. Analisis hidrologi meliputi:

- Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana menggunakan curah hujan maksimum harian tahunan dengan memilih nilai terbesar dari data curah hujan harian pada masing-masing stasiun hujan tiap tahun. Data yang telah terpilih kemudian diuji kekonsistensiannya yang dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran data lapangan. Uji konsistensi data dilakukan dengan metode Kurva Massa Ganda. Metode Massa Ganda/*Mass curve* menghitung nilai kumulatif seri data yang

diuji, kemudian dibandingkan dengan nilai kumulatif seri data stasiun referensi. Stasiun referensi dapat berupa rata-rata dari beberapa stasiun didekatnya. Nilai kumulatif seri data digambarkan pada grafik sistem koordinat kartesius (X-Y). kurva yang terbentuk kemudian diperiksa untuk melihat perubahan kemiringan, jika kurva berbentuk garis lurus artinya data uji konsisten, sebaliknya jika terjadi patahan kemiringan bentuk kurva, maka data uji perlu dikoreksi (mengalikan atau membagi data sebelum atau sesudah patahan) dengan faktor koreksi ( $\beta/\alpha$ ;  $\beta$  = kemiringan kurva setelah patahan;  $\alpha$  = kemiringan kurva sebelum patahan).



**Gambar 1** Sketsa Analisis *Double Mass Curve*.

Curah hujan harian maksimum tahunan yang telah dikoreksi tersebut kemudian ditinjau pada stasiun lain di daerah aliran sungai yang sama pada waktu/kejadian yang sama, data-data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan besarnya curah hujan maksimum harian DAS dengan Metode Poligon *Thiessen*. Metode Poligon *Thiessen* adalah suatu metode yang memasukkan faktor daerah pengaruh pada masing-masing stasiun hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien *Thiessen*. Pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien *Thiessen* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut : (CD. Soemarto, 1999)

$$C = \frac{A_i}{A_{total}}$$

#### - Pemilihan Metode Analisis Distribusi

Metode analisis distribusi yang digunakan untuk menganalisis besar curah hujan rencana harus memenuhi beberapa parameter yang menjadi syarat penggunaan suatu metode distribusi, dari tabel tersebut ditunjukkan beberapa nilai  $C_s$ ,  $C_v$  dan  $C_k$  yang menjadi syarat penggunaan metode-metode distribusi.

**Tabel 2** Persyaratan Metode Distribusi.

Jenis Metode	Syarat
<i>Gumbel</i> Tipe I	$C_s = 1,1396$
	$C_k = 5,4002$
<i>Log Pearson</i> Tipe III	$C_s \neq 0$
	$C_k \approx \text{bebas}$
<i>Log normal</i>	$C_s = 0 - 0,3$
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Normal	$C_s = 0 \pm 0,3$
	$C_k \approx 3$

Metode distribusi yang digunakan adalah Metode *Log Pearson Tipe III* dengan rumus :

$$Y = \bar{Y} + k.Sd \quad (\text{Soewarno, 1995})$$

- Uji Keselarasan Distribusi

Pengujian keselarasan distribusi digunakan metode Uji *Chi-Kuadrat (Chi-Square Test)* dan *Smirnov-Kolmogorof*. Pengujian keselarasan suatu distribusi sebaran data curah hujan dengan menggunakan metode uji *Chi Kuadrat (Chi-Square Test)*, digunakan rumus sebagai berikut :

$$\chi^2_h = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Uji keselarasan *Smirnov-Kolmogorof* digunakan untuk menguji simpangan secara horizontal, yaitu merupakan selisih simpangan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris ( $D_o$ ). Langkah-langkah pengujian *Smirnov-Kolmogorof* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

1. Data diurutkan (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan juga besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
2. Nilai masing-masing peluang teoritis ditentukan dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
3. Kedua nilai peluang ditentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorof Test*) dapat digunakan untuk mencari harga  $D_{cr}$ .

- Intensitas Curah Hujan

Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Rumus yang digunakan Menurut *Dr. Mononobe* yaitu :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[ \frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}}$$

- Analisis Debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan adalah :

Metode *Haspers* digunakan dengan syarat luas DAS > 5000 Ha. Dirumuskan :

$$Qt = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A$$

Metode FSR Jawa dan Sumatera, dirumuskan :

$$Q_t = GF_{(T, AREA)} \times MAF$$

Metode Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu* :

$$Q_P = \frac{C.A.R_0}{3.6.(0.3T_p + T_{0.2})}$$

Metode Hidrograf Satuan Sintetik Gamma 1 :

$$Q_p = 0.1836A^{0.5886} \cdot Tr^{-0.4008} \cdot JN^{0.2381}$$

Metode *Passing capacity* :

$$Q = Cd.2/3.(2/3.g)^{0.5} \cdot Be.H_l^{1.5}$$

- Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan air di sawah dirumuskan :

$$NFR = Etc + P - Re + WLR$$

di mana :

Etc = Penggunaan konsumtif, (mm) =  $kc \times ETo$ ,  $kc$  merupakan koefisien tanaman yang digunakan yaitu varietas padi unggul menurut *FAO*, sementara untuk palawija

digunakan koefisien tanaman kedelai. *Eto* merupakan *evapotranspirasi* potensial yang dihitung dengan metode *Penman Modifikasi* dengan rumus :

$$\text{Eto} = \frac{(\Delta * H / 60 + 0,49 * E_a)}{(\Delta + 0,49)}$$

P = Kehilangan air akibat *perkolasi*, mm/hari.

Re = Curah hujan efektif, mm/hari. Untuk tanaman padi digunakan curah hujan efektif probabilitas 80 % dengan rumus :  $R_{80} = (n/5) + 1$ . Sementara itu curah hujan efektif yang terjadi harus dikalikan dengan faktor hujan yang dipengaruhi banyaknya golongan padi yang ditanam yakni 2 golongan padi. Pada tanaman palawija digunakan curah hujan efektif dengan probabilitas 50 % yang diperoleh dengan rumus :  $R_{50} = (n/2) + 1$ , kemudian dikoreksi terhadap tabel Curah Hujan Efektif Rata-rata Bulanan dikalikan dengan ET Tanaman Rata-rata dan Curah Hujan *Mean*.

e = Efisiensi irigasi, pada jaringan tersier 1.25, jaringan sekunder 1.15 dan pada jaringan primer sebesar 1.11.

WLR = Penggantian lapisan air, mm/hari.

- Analisis Kebutuhan Air Baku

Dianalisis berdasarkan peningkatan jumlah penduduk yang dihitung dengan rumus :

$$\text{Angka Pertumbuhan (\%)} = \frac{\sum \text{penduduk}_n - \sum \text{penduduk}_{n-1}}{\sum \text{penduduk}_{n-1}} \times 100\%$$

- Analisis Debit Andalan

Dimaksudkan untuk mencari nilai kuantitatif debit yang tersedia sepanjang tahun, baik pada musim penghujan maupun musim kemarau, dihitung dengan cara mentransformasikan data hujan menjadi data debit. Metode yang digunakan untuk mentransformasikan data hujan menjadi data debit pada perhitungan ini adalah dengan *Metode F.J Mock*. Perencanaan menggunakan debit andalan dengan probabilitas 80 % yang ditentukan berdasarkan analisis *basic month* dengan rumus :  $P (\%) = m / (n+1) * 100$ . Besarnya debit yang mengalir pada Bendung Sapon terlebih dahulu harus dikurangi oleh debit pengambilan bendung-bendung di hulu Bendung Sapon.

## Analisis Hidrolis

- Perencanaan Mercu Bulat

Tipe mercu Bendung Sapon digunakan tipe mercu bulat, sehingga besar jari-jari mercu bendung (R) =  $0,1H_1 - 0,7H_1$ . (Kriteria Perencanaan Irigasi KP-02). Untuk perencanaan ditetapkan sebesar (R) =  $0,4 H_1$ .

- Perencanaan Kolam Olak

Perhitungan kolam olak direncanakan pada saat banjir dengan  $Q_{100}$ . Pengecekan apakah kolam olak diperlukan atau tidak maka perlu dicari nilai Fr (*Froude*).

$$\text{Fr} = \frac{V_1}{\sqrt{g * Y_1}} \quad (\text{Standar Perencanaan Irigasi KP-02})$$

- Perencanaan Lantai Muka

Perhitungan panjang lantai muka digunakan persamaan sebagai berikut :

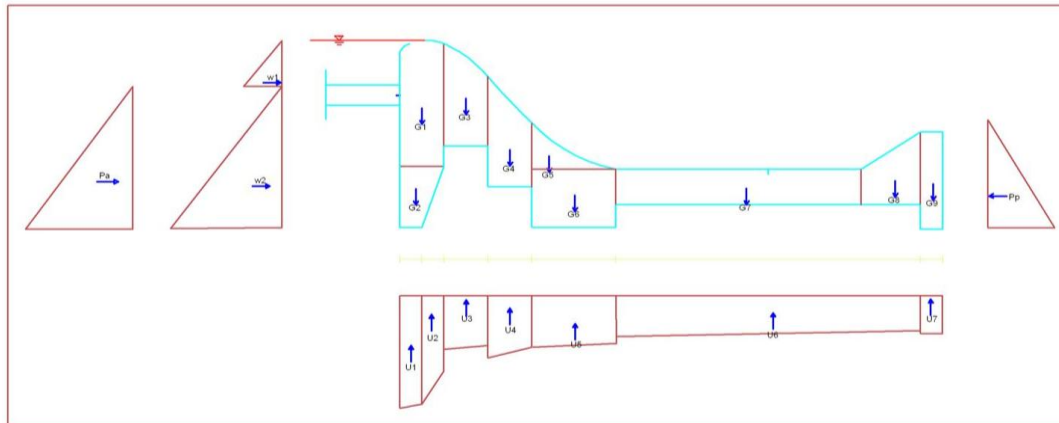
$$L_w = \sum L_v + \frac{1}{3} \sum L_h \quad (\text{Standar Perencanaan Irigasi KP-02})$$

- Perencanaan Bangunan Pelengkap Bendung.

Perencanaan bangunan pelengkap meliputi bangunan pengambilan/*intake*, bangunan dan saluran kantong lumpur, bangunan dan saluran primer, bangunan dan saluran pembilas kantong lumpur, serta bangunan pembilas bendung. Pintu dipakai tipe romijn dan pintu sorong bergantung pada kondisi perencanaan.

### Analisis Stabilitas Bendung

Stabilitas bendung dianalisis pada tiga macam kondisi yaitu pada saat sungai kosong, normal dan pada saat sungai banjir. Gaya-gaya yang diperhitungkan dalam perencanaan bendung meliputi :



**Gambar 2 Gaya-Gaya yang bekerja pada Bendung**

Berat Sendiri Bendung :	$G = V * \gamma$
Gaya Gempa :	$H_e = E * G$
Gaya Angkat ( <i>uplift</i> ) :	$P_x = H_x - H$
Tekanan Hidrostatik :	$\frac{1}{2} \gamma_w * H^2$
Tekanan Tanah Aktif :	$P_a = \frac{1}{2} \gamma_{sub} * K_a * h^2$
Tekanan Tanah Pasif :	$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{sub} * K_p * h^2 - 2C\sqrt{K_p}$
Tekanan Lumpur :	$P_s = \frac{\gamma_s \cdot h^2}{2} \left[ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$ (Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Gaya-gaya tersebut kemudian dianalisis stabilitas bendung terhadap guling, geser, daya dukung tanah, gerusan, dan erosi bawah tanah (*piping*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Debit Banjir Rencana

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh debit banjir rencana untuk metode-metode dan periode ulang tertentu adalah sebagai berikut :

**Tabel 3 Rekapitulasi Debit Banjir Rencana.**

Periode ulang	<i>Haspers</i> m <sup>3</sup> /det	FSR Jawa dan Sumatra m <sup>3</sup> /det	HSS <i>Nakayasu</i> m <sup>3</sup> /det	HSS Gamma 1 m <sup>3</sup> /det	<i>Passing capacity</i> m <sup>3</sup> /det
10	211,62	355,10	1080,76	1033,03	1123,96
25	236,23	539,35	1206,47	1125,32	
50	253,84	788,53	1292,97	1209,28	

**Tabel 4 Lanjutan.**

100	270,99	1077,08	1383,97	1313,18	
200	287,82	1462,49	1469,93	1392,60	
1000	326,50	2881,17	1667,48	1575,13	

(Sumber : Perhitungan)

Nilai debit berdasarkan metode *Passing Capacity* yang diperoleh kemudian membandingkan dengan debit banjir rencana yang diperoleh dari perhitungan debit banjir rencana metode *Haspers*, metode FSR Jawa dan Sumatera, metode hidrograf satuan sintetik *Nakayasu* dan hidrograf satuan sintetik Gama 1 pada periode ulang yang mendekati debit banjir rencana metode *passing capacity* sebagai cek terhadap debit banjir yang pernah terjadi. Perhitungan yang dipakai untuk perencanaan kembali Bendung Sapon digunakan nilai debit banjir rencana metode hidrograf satuan sintetik *Nakayasu* sebesar 1383,97 m<sup>3</sup>/det.

### Analisis Kebutuhan Air

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada daerah irigasi sapon dengan perencanaan pola tanam 2 golongan dan tata tanam dengan pola padi-padi palawija dimana pengolahan lahan pada golongan 1 dimulai pada 15 Januari, dengan lamanya pengolahan lahan selama 30 hari dan lama pertumbuhan padi 90 hari (padi varietas unggul). Palawija golongan pertama ditanam pada minggu pertama Oktober dengan lama pengolahan lahan 15 hari dan masa pertumbuhan selama 85 hari. Padi golongan 2 ditanam selang 2 minggu dari padi pertama, lama pengolahan dan pertumbuhan sama dengan padi golongan pertama, diperoleh besarnya kebutuhan air maksimum adalah 2,3 m<sup>3</sup>/det yang mancapai puncak pada minggu kedua Juni dan awal Juli. Kebutuhan air baku yang dianalisis berdasarkan pertumbuhan penduduk tiap kecamatan yang berkisar antara 2,0-2,8 dihasilkan jumlah penduduk untuk 4 kecamatan pada tahun proyeksi yakni 10 tahun mendatang sebesar 204307 jiwa. Berdasarkan kategori kebutuhan air domestik diperoleh besarnya kebutuhan air baku adalah 0,2 m<sup>3</sup>/det. Besarnya kebutuhan air total pada *Intake* Sapon adalah 2,5 m<sup>3</sup>/det.

### Analisis Debit Andalan

Besarnya debit andalan dengan probabilitas 80% yang mengalir pada Bendung terlebih dahulu dikurangi pengambilan bendung-bendung di hulu Bendung Sapon. Rekapitulasi debit andalan probabilitas 80 % diperlihatkan pada tabel berikut :

**Tabel 5 Debit Andalan Bendung Sapon.**

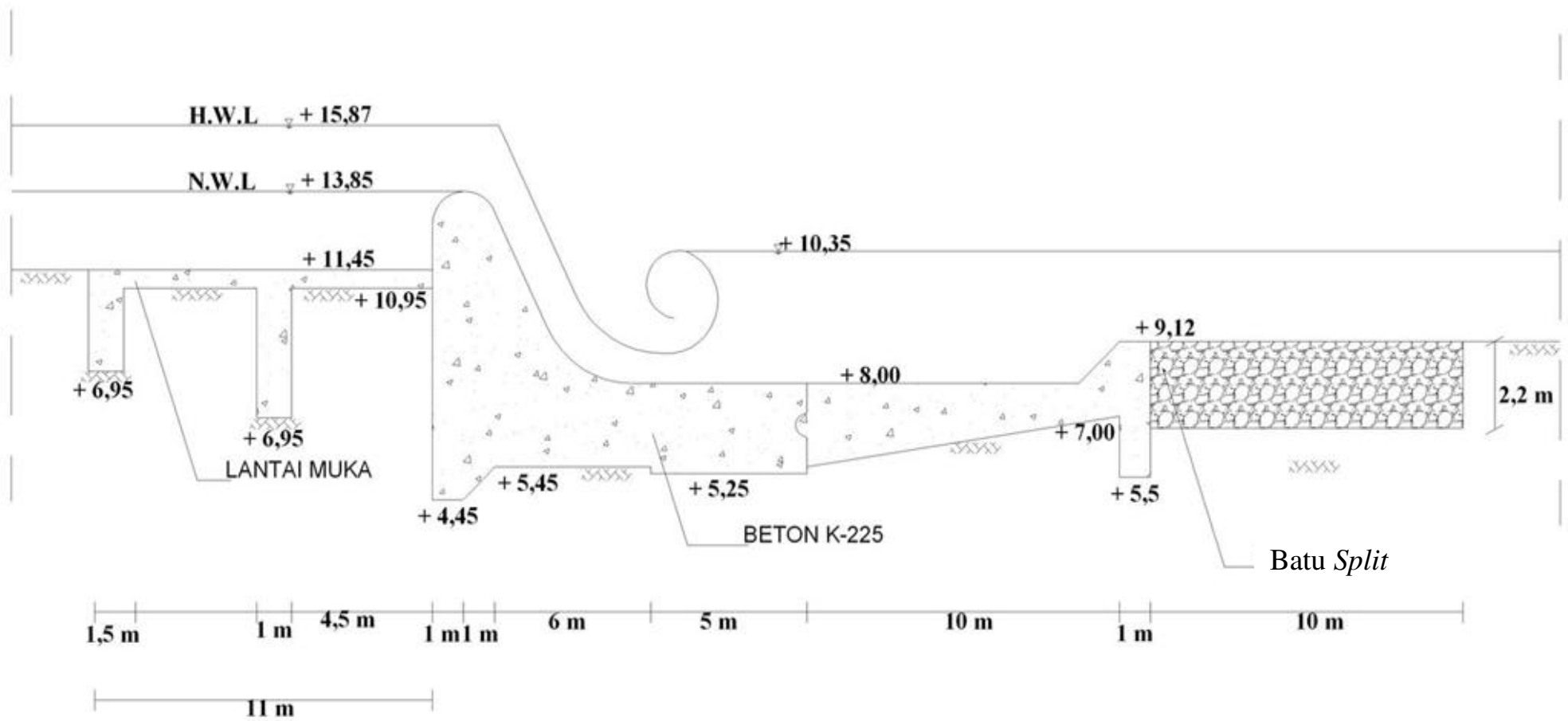
No	Keterangan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	Pengambilan hulu bendung	22.19	18.9	20.57	21.18	21.58	17.55	15.88	13.63	13.05	15.8	21	22.05
2	Q80 (m <sup>3</sup> /det)	33.31	36.63	31.06	30.30	27.20	26.02	24.07	23.20	22.74	23.00	24.00	26.30
3	Q80 Sapon (m <sup>3</sup> /det)	11.12	17.73	10.49	9.12	5.62	8.47	8.19	9.57	9.69	7.20	3.00	4.25

(Sumber : Perhitungan)

Dengan kebutuhan pengambilan maksimum yang terjadi di *Intake* Sapon sebesar 2.5 m<sup>3</sup>/det dan debit andalan dengan probabilitas 80 % seperti tabel diatas yang jauh lebih besar dari pengambilan maksimum pada *Intake* Sapon, maka secara umum dapat dikatakan bahwa air yang mengalir mampu memenuhi kebutuhan perencanaan.

### Analisis Hidrolis dan Stabilitas Bendung

Menghasilkan desain yang sesuai dengan kebutuhan perencanaan sebagai berikut :



Gambar 3 Rencana Dimensi Efektif Bendung Sapon.



## Kesimpulan

Analisis hidrologi yang dilakukan terhadap curah hujan untuk menentukan debit banjir rencana, mengacu pada debit dengan Metode *passing capacity* karena melalui metode tersebut dapat diketahui nilai debit maksimum yang pernah terjadi yakni sebesar 1123,96 m<sup>3</sup>/det, sedangkan berdasarkan analisis diperoleh debit banjir yang mendekati debit *passing capacity* adalah dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu sebesar 1383,97 m<sup>3</sup>/det. Evaluasi dan perencanaan kembali Bendung Sapon yang dilakukan dengan perencanaan yang didasarkan pada data saat ini yakni luas areal irigasi efektif Sapon seluas 1850 Ha, serta kebutuhan air baku penduduk untuk empat kecamatan menghasilkan debit pengambilan untuk irigasi sebesar 2,3 m<sup>3</sup>/detik dan debit pengambilan air baku sebesar 0,2 m<sup>3</sup>/det, berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan terhadap Bendung Sapon dengan memperhitungkan kondisi saat ini diperoleh bendung dengan dimensi yang lebih kecil, pada awal perencanaan lebar bendung adalah 152 m namun setelah dianalisis dengan peruntukan irigasi efektif yang lebih kecil yakni lahan seluas 1850 Ha ditambah kebutuhan air baku diperoleh lebar bendung 147,3 m, selain itu mercu bendung pada perencanaan awal adalah 2,8 m sementara pada analisis yang telah dilakukan adalah setinggi 2,4 m. Dimensi bendung baru yang lebih kecil juga berakibat pada lebih sedikitnya galian dan timbunan yang dilakukan, sehingga lebih ekonomis serta lebih murah dari segi pembiayaan. Hasil dari analisis yang telah dilakukan terhadap data hujan yang terjadi dan mengalir di Kali Progo menunjukkan kurva debit andalan yang terjadi dapat memenuhi kebutuhan air sesuai perencanaan sepanjang tahun tanpa mengalami keadaan minus. Neraca air tersebut menunjukkan debit minimum yang mengalir di Bendung Sapon, dapat terlihat bahwa sepanjang tahun, terjadi limpasan yang besar melebihi kebutuhan pengambilan *Intake* Sapon dan *intake* lain di hulu Bendung Sapon.

## Daftar Pustaka

- C.D. Soemarto, 1999, Hidrologi Teknik, Erlangga, Jakarta.
- Direktorat Jendral Pengairan, 1986, Standart Perencanaan Irigasi, Galang Persada, Bandung.
- Direktorat Jendral Pengairan, 1986, Buku Petunjuk Perencanaan Irigasi, Galang Persada, Bandung.
- Imam Subarkah, Ir, 1980, Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air, Idea Dharma, Bandung.
- Montarich, Lily, 2009, Hidrologi Teknik Sumberdaya Air-1, Citra Malang, Malang.
- Soewarno, 1991, Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri), Nova, Bandung.
- Soewarno, 1995, Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data, Nova, Bandung.
- Sudibyo, Ir, 1993, Teknik Bendungan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suhardjono, Dipl. HE, Ir. 1994. Drainase. Malang: Universitas Brawijaya Fakultas Teknik Malang.
- Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda, Dr; 1984, Bendungan Type Urugan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda, Dr; 1978, Hidrologi Untuk Pengairan, Pradnya Paramita, Jakarta.